

TOPOGRAFÍA



La topografía es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección. La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.

El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes y la representación en un plano (trabajo de campo + trabajo de gabinete o de oficina) es lo que comúnmente se llama "**Levantamiento Topográfico**". La topografía como ciencia que se encarga de las mediciones de la superficie de la tierra, se divide en tres ramas principales que son : **Planimetría**, que comprende los procedimientos para la localización de puntos sobre un plano; la **Altimetría**, que trata sobre la determinación de las diferencias de alturas de los puntos del terreno y **Taquimetría** que realiza la planimetría y altimetría simultáneas, es decir la localización de los puntos del terreno en tres dimensiones.

EL EQUIPO TOPOGRÁFICO:

Podemos clasificar al equipo en tres categorías:

- a. Para medir ángulos.- aquí se encuentran la brújula, el tránsito y el teodolito.
- b. Para medir distancias.- aquí se encuentra la cinta métrica, el odómetro, y el distanciometro.
- c. Para medir pendiente.- aquí se encuentran el nivel de mano, de riel, el fijo, basculante, automático.

Es común que se piense que un topógrafo resuelve sus necesidades con triángulos, ya que puede dividir cualquier polígono en triángulos y a partir de ahí obtener por ejemplo el área, esto con la ayuda de senos, cosenos y el teorema de Pitágoras, para definir estos triángulos utiliza el teodolito, y es sabido que conociendo 3 datos de un triángulo sabemos todo de él (por ejem 2 ángulos y una

distancia, 3 distancias, etc. etc.), esta información es posteriormente procesada para obtener coordenadas y poder dibujar por ejemplo en autocad.

Actualmente existe otro grupo de instrumentos que permiten obtener coordenadas geográficas, estos son los GPS.

EL TRANSITO:

Instrumento topográfico de origen norteamericano para medir ángulos verticales y horizontales, con una precisión de 1 minuto ($1'$) o 20 segundos ($20''$), los círculos de metal se leen con lupa, los modelos viejos tienen cuatro tornillos para nivelación, actualmente se siguen fabricando pero con solo tres tornillos nivelantes. Para diferenciar un tránsito de un minuto y uno de 20 segundos, en los nonios los de 1 minuto tienen en el extremo el número 30 y los de 20 segundos traen el número 20.



TEODOLITO ÓPTICO:

Instrumento de origen europeo, es la evolución de el tránsito mecánico, en este caso, los círculos son de vidrio, y traen una serie de prismas o espejos para observar en un ocular adicional. La lectura del ángulo vertical y horizontal la precisión va desde 1 minuto hasta una décima de segundo.



TEODOLITO ELECTRÓNICO:

Es la versión del teodolito óptico, con la incorporación de electrónica para hacer las lecturas del círculo vertical y horizontal, desplegando los ángulos en una pantalla eliminando errores de apreciación, es mas simple en su uso, y por requerir menos piezas es mas simple su fabricación y en algunos casos su calibración.

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el numero de aumentos en la lente del objetivo y si tiene o no compensador electrónico.



DISTANCIOMETRO:

Dispositivo electrónico para medición de distancias, funciona emitiendo un haz luminoso ya sea infrarrojo o láser, este rebota en un prisma o directamente sobre la superficie, y dependiendo de el tiempo que tarda el haz en recorrer la distancia es como determina esta.

En esencia un distanciómetro solo puede medir la distancia inclinada, para medir la distancia horizontal y desnivel, algunos tienen un teclado para introducir el ángulo vertical y por senos y cosenos calcular las otras distancias, esto se puede realizar con una simple calculadora científica de igual manera, algunos distanciómetros, poseen un puerto para recibir la información directamente de un teodolito electrónico para obtener el ángulo vertical.

Hay varios tipos

Montura en horquilla.- Estos se montan sobre la horquilla del tránsito o teodolito, el problema de estos es que es mas tardado trabajar, ya que se apunta primero el telescopio, y después el distanciómetro

Montura en el telescopio.- Es mas fácil trabajar con estos, ya que solo es necesario apuntar el telescopio ligeramente debajo del prisma para hacer la medición, este tipo de montura es mas especializado, y no todos los distancímetros quedan en todos los teodolitos.

En general ajuste de la puntería, puede resultar un poco engorroso con estos equipos, ya que es muy fácil que se desajuste.

El alcance de estos equipos puede ser de hasta 5,000 metros

También existen distancímetros manuales, estos tienen un alcance de hasta 200 metros, son muy útiles para medir recintos y distancias cortas en general.

Por su funcionamiento existen de dos tipos:

por ultrasonido: son los mas económicos y su alcance no llega a los 50 metros, se debe tener cuidado con estos, ya que si la superficie no esta perpendicular al equipo, o es irregular, puede arrojar resultados incorrectos o no medir en absoluto, hay modelos mas sofisticados que tienen una mira láser, por lo que será importante no confundirlos con los siguientes.

Por láser: son muy precisos y confiables, su alcance máximo es de 200 metros, aun cuando en exteriores y distancias de mas de 50 metros se recomienda contar con mira, ya que a esas distancias o con la luz del día, resulta difícil saber donde esta apuntando el láser



ESTACION SEMITOTAL

En este aparato se integra el teodolito óptico y el distanciometro, ofreciendo la misma linea de vista para el teodolito y el distanciometro, se trabaja mas rápido con este equipo, ya que se apunta al centro del prisma, a diferencia de un teodolito con distanciometro, en donde en algunos casos se apunta primero el teodolito y luego el distanciometro, o se apunta debajo del prisma, actualmente resulta mas caro comprar el teodolito y el distanciometro por separado.

En la estación semitotal, como en el teodolito ÓPTICO, las lecturas son analógicas, por lo que el uso de la libreta electrónica, no representa gran ventaja, se recomienda mejor una estación total.

Estos equipos siguen siendo muy útiles en control de obra, replanteo y aplicaciones que no requieren uso de calculo de coordenadas, solo ángulos y distancias



ESTACIÓN TOTAL:

Es la integración de tres equipos: teodolito electrónico, distanciometro y computadora.

Las hay con calculo de coordenadas.- Al contar con la lectura de ángulos y distancias, al integrar algunos circuitos mas, la estación puede calcular coordenadas.

Las hay con memoria.- con algunos circuitos mas, podemos almacenar la información de las coordenadas en la memoria del aparato, sin necesidad de apuntarlas en una libreta con lápiz y papel, esto elimina errores de lápiz y agiliza el trabajo, la memoria puede estar integrada a la estación total o existe un accesorio llamado libreta electronica, que permite integrarle estas funciones a equipos que convencionalmente no tienen memoria o calculo de coordenadas.

Las hay motorizadas.- Agregando dos servomotores, podemos hacer que la estación apunte directamente al prisma, sin ningún operador, esto en teoría representa la ventaja que un levantamiento lo puede hacer una sola persona.

Las hay sin prisma.- Integran tecnología de medición láser, que permite hacer mediciones sin necesidad de un prisma, es decir pueden medir directamente sobre casi cualquier superficie, su alcance esta limitado hasta 300 metros, pero su

alcance con prisma puede llegar a los 5,000 metros, es muy útil para lugares de difícil acceso o para mediciones precisas como alineación de maquinas o control de deformaciones etc.

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el numero de aumentos en la lente del objetivo, si tiene o no compensador electrónico, alcance de medición de distancia con un prisma y si tiene memoria o no. es importante a la hora de comparar diferentes equipos, diferenciar entre resolución en pantalla y precisión, pues resulta que la mayoría de las estaciones, despliegan un segundo de resolución en pantalla, pero la precisión certificada puede ser de 3 a 9 segundos, es lo que hace la diferencia entre un modelo y otro de la misma serie, por ejemplo la Set 510 es de 5 segundos y la Set310 es de 3 segundos.





NAVEGADORES GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL)

Hay dos tipos: Estos son mas para fines recreativos y aplicaciones que no requieren gran precisión, consta de un dispositivo que cabe en la palma de la mano, tienen la antena integrada, su precisión puede ser de menor a 15 mts, pero si incorpora el sistema WAAS el error en posicionamiento puede ser menor a 3 mts.

Ademas de proporcionar nuestra posición en el plano horizontal pueden indicar la elevación por medio de la misma señal de los satélites, algunos modelos tienen también barómetro para determinar la altura con la presión atmosférica.

Los modelos que no poseen brújula electrónica, pueden determinar la “dirección de movimiento” (rumbo), es decir es necesario estar en movimiento para que indique correctamente para donde esta el norte.

La señal de los satélites GPS no requiere de ningún pago o renta.



Estos equipos tienen precisiones desde varios milímetros hasta menos de medio metro.

Existen GPS de una banda (L1) y de dos bandas (L1, L2), la diferencia es que para los GPS de una banda se garantiza la precisión milimétrica para distancias

menores a 40km entre antenas, en los GPS de dos bandas es de hasta 300km, si bien se pueden realizar mediciones a distancias mayores, ya no se garantiza la precisión de las lecturas.

Los GPS topográficos requieren dos antenas, ya sea que el usuario tenga las dos, o que solo tenga una y compre los datos a una institución como el INEGI o Omnistar (DGPS). Se dice entonces que se está trabajando en modo diferencial.

La diferencia en precio de un GPS de una banda contra uno de Dos bandas puede ser muy grande, y lo es más cuando los GPS de dos bandas incorporan la función RTK (Real Time Kinematic). La forma de trabajar con equipos que no incorporan la función RTK es: trasladar los equipos a campo, se hacen las lecturas, pero es solo hasta que se regresa a gabinete que se obtienen las mediciones, con un sistema RTK, los datos se obtienen directamente en campo y el alto precio de estos equipos es por que incorporan una computadora, y un sistema de radio comunicación entre las dos antenas.

El GPS no reemplaza a la estación total, en la mayoría de los casos se complementan. Es en levantamientos de gran extensión donde el GPS resulta particularmente práctico, ya que no requiere una línea de vista entre una antena y otra, además de tener el GPS la gran limitante de trabajar solo en espacios con vista al cielo, siendo un poco problemático incluso cuando la vegetación es alta y densa, pero por ejemplo una selva o bosque se abre un claro de unos 5 metros y se hace la medición con la antena, en lugar de abrir una brecha para tener visual entre la estación total y el prisma. Así mismo es común hacer el levantamiento de dos puntos con GPS (línea de control) y posteriormente usar la estación y en lugar de introducir coordenadas arbitrarias introducimos coordenadas geográficas, y todo lo que se levante con la estación estará georeferenciado.



Otro aspecto importante es hacer la diferenciación de un sistema de navegación y un sistema de localización o rastreo, el primero permite que la persona que tiene el dispositivo GPS sepa donde esta y para donde ir, para que una tercera persona lo sepa es otra historia eso ya es un sistema de localización, estos sistemas si requieren una renta o cuota mensual, ya que aun cuando usan un GPS, este solo recibe la señal de los satélites, se necesita otro dispositivo tipo celular para transmitir la posición a un sistema conectado a Internet para que alguien pueda acceder una pagina y saber donde esta el dispositivo.

GPS(navstar).- desarrollado por la fuerza aérea norte americana con fines militares, pero liberada para uso publico

WAAS.- Wide Area Augmentation System.- sistema para mejorar la precisión del sistema GPS, funciona solo para Estados Unidos, Alaska, Canadá y ahora tambien en México.

GLONASS.- Sistema militar de satélites Ruso.

GALILEO.- Sistema de satélites de la comunidad Europea para intereses no militares o de iniciativa privada.

EGNOS.- El equivalente del sistema waas, pero solo para Europa.

NIVELES

Un nivel es un instrumento que nos representa una referencia con respecto a un plano horizontal.

Este aparato ayuda a determinar la diferencia de elevación entre dos puntos con la ayuda de un estadal.

El nivel más sencillo es el **nivel de manguera**, es una manguera transparente, se le introduce agua y se levantan ambos extremos, por simple equilibrio, el agua estará al mismo nivel en ambos extremos.

El **nivel de mano** es un instrumento también sencillo, la referencia de horizontalidad es una burbuja de vidrio o gota, el **clisimetro** es una versión mejorada del nivel de mano incorporando un transportador metálico permitiendo hacer mediciones de inclinación y no solo desnivel.



El **nivel fijo** es la versión sofisticada del nivel de mano, este en lugar de sostenerse con la mano se coloca sobre un tripie, la óptica tiene mas aumentos y la gota es mucho mas sensible.



Este nivel presenta una problemática, y es que conforme se opera el aparato hay que estar verificando continuamente y sobretodo cuando se gira, que la gota siga centrada, esto se hace con los 4 tornillos niveladores los cuales se mueven en pares, y siempre manteniendo tensión para que el aparato no se mueva..

Este problema se resolvió con el **nivel basculante**, que sigue siendo un nivel fijo, pero que tiene un tornillo para ajustar la gota cada que se hace una medición, simplificando mucho el uso de 4 tornillos nivelantes, uno de los niveles mas precisos es un nivel basculante, pero debe mayormente su precisión justamente a su gota y a una placa planoparalela.



Un gran adelanto se logró cuando se introdujo el compensador automático, dando lugar al **nivel automático**, su funcionamiento esta basado en un péndulo que por gravedad, en estado estable este siempre estará en forma vertical, y con la ayuda de un prisma, este nos dará la referencia horizontal que estamos buscando. Este nivel tiene una burbuja circular (ojo de buey) que puede no estar completamente centrada, pero el compensador automático hace justamente eso, compensar, este adelanto resultó tan provechoso, que se incorporó en los teodolitos mas precisos y en las estaciones totales, aun cuando su funcionamiento puede variar, el principio sigue siendo el mismo.



Por sus ventajas los niveles automáticos son los que mas fácilmente se encuentran en el mercado, dentro de las características que hay que observar al comparar instrumentos es el número de aumentos de la lente que puede ser de 20x hasta 32x, esto representa que tanto aumenta la imagen al ver a través del nivel, si las distancias son cortas (menores a 10 metros) tal vez no resulte algo trascendente, pero al tratar de ver un estadal graduado al milímetro a 100 metros si es importante contar con el nivel con mas aumentos, o si se requiere gran precisión incluso en distancias cortas se recomendaria el de 32 aumentos. Se ve de las especificaciones que el número de aumentos esta ligado con la precisión del equipo, que se expresa en milímetros por kilometro nivelado ida y vuelta, así si por ejemplo un nivel tiene una precisión de ± 1.5 mm/km, significa que en una nivelación de un kilometro ida y vuelta se tiene un error de mas menos un milímetro y medio.

En términos generales se podría decir que el rango de un nivel de 20 aumentos es de 50 mts, 22x.-65mts, 24x.-79mts, 26x.-92mts, 28x.-104mts, 30x.-115mts, 32x.-125mts, pero si usamos un nivel de muchos aumentos a distancias cortas tendremos mayor facilidad para tomar las lecturas en el estadal y eventualmente

mas precisión, así si por ejemplo se quiere nivelar una maquinaria, en donde las distancias pueden no superar los 10 mts, se recomendaría usar el nivel de 32 aumentos, para tener la máxima precisión posible.

Si bien el nivel solo sirve para medir desnivel, últimamente se les ha incorporado una graduación en el giro horizontal, permitiendo hacer mediciones de ángulos con una precisión de medio grado, siendo practico en obra para medir o trazar ángulos horizontales que no requieren gran precisión.

Existe un accesorio llamado **placa planoparalela** o micrómetro este accesorio permite realizar mediciones a la décima de milímetro, si bien se puede colocar en cualquier nivel, se recomienda solo para niveles con 32 aumentos, este accesorio es de gran ayuda para trabajos que requieren mucha precisión., En algunos casos es incluso aconsejable usar estadal inbar para eliminar error por variación en la temperatura y dilatación de los estadales de aluminio.



Los **niveles láser** fueron y continúan siendo una novedad creyendo alguna personas que son mas precisos, pero la realidad es otra, existen los que solo proyectan una linea en una pared, su nombre correcto es **crossliner** se usan principalmente en interiores, ya que en exteriores con la luz del sol resulta difícil ver la linea que proyecta en una pared por ejemplo, linea que por cierto tiene entre 1 y 2 milímetros de ancho, así que su precisión en un kilometro será de 1 centímetro comparando con un nivel óptico, hay también niveles láser que poseen un sensor, este se puede usar en exteriores y a mayores distancias, ya que no depende del ojo humano, si no de un sensor especializado en ver la luz láser, hay equipos de diferentes precios y precisiones, si adquiere un nivel asegurese que este sea de calidad y que este correctamente calibrado, de lo contrario es más recomendable un nivel de manguera.



No todo es malo en los niveles láser, una de sus ventajas es que lo puede usar una sola persona: pone el nivel en un punto céntrico y va a medir directamente en los puntos que requiere, también si tiene varios instaladores (de marcos por ejemplo) trabajando al mismo tiempo, cada uno puede tener un sensor y estar usando la misma referencia al mismo tiempo. También son muy prácticos montados en maquinaria de excavación o aplanado, eliminando la necesidad de detener la maquinaria para poner un estadal y hacer la medición, con un nivel láser el operador de la maquina puede saber instantáneamente si esta por arriba o por abajo del nivel deseado.



Por ultimo están los **niveles electrónicos**, estos funcionan como los niveles ópticos, y adicionalmente pueden hacer lecturas electrónicamente con estadales con código de barras, esto resulta muy practico, ya que la medición es muy rápida, y se eliminan errores de apreciación o lectura, incluso de dedo, ya que estos tienen

memoria para almacenar y procesar los datos, pueden desplegar en pantalla una resolución de décima de milímetro, y medir distancias con una resolución de un centímetro.



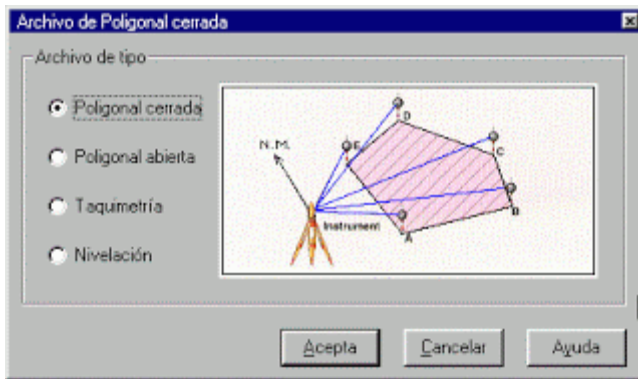
Si bien un teodolito o una estación total se puede usar como nivel, las mediciones no serán tan precisas, siendo que el nivel es un instrumento especializado, pero si no requiere gran precisión. Se puede utilizar una estación o un teodolito ajustando el ángulo vertical a 90 grados.

SOFTWARE DE CÁLCULO Y DIBUJO TOPOGRÁFICO:



Las nuevas generaciones de instrumentos de medición han hecho más eficientes los trabajos de campo, así mismo en los trabajos de gabinete o de oficina, el cálculo y dibujo cuenta con las herramientas del software de *diseño asistido por computadora* (CAD); son varios programas de aplicaciones CAD que permiten realizar el cálculo y la edición de planos de topografía.

En México la plataforma de diseño más empleada es AutoCAD, el programa CivilCAD es un software de topografía que trabaja sobre plataforma de AutoCAD, por su costo accesible y sencillas en su aprendizaje y manejo es de amplia aplicación en el ejercicio de la topografía. Otros programas de topografía son: TopoCal, Cartomap, GeoOpus, Sierra Soft , AutoCAD CIVIL 3D, etc.



Recapitulando. El objeto de la topografía es el estudio de los principios y métodos para representar una porción de la tierra con todos sus detalles naturales o debidos a la mano del hombre; así mismo se requiere del conocimiento del equipo e instrumental de medición, cálculo y dibujo para ello. En general las superficies levantadas por procedimientos topográficos son reducidas (menores a una extensión de 200 Km²) por lo que no se considera el error por curvatura, efecto de la esfericidad terrestre.

DIBUJO DE PLANOS TOPOGRÁFICOS.

• **GENERALIDADES SOBRE PLANOS TOPOGRÁFICOS.**

La topografía es la ciencia y arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas a puntos situados arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra o bien de establecer tales puntos en una posición especificada. Las operaciones topográficas no esta limitada a tierra firme. Se realizan sobre vastas extensiones de agua, así como de espacios extraterrestres. Las mediciones de la topografía son, esencialmente, las de distancia - tanto horizontal como vertical - y las de dirección.

La etapa de obtención de datos topográficos se reconoce como el **trabajo de campo**, puesto que virtualmente todos esos datos deben ser analizados, reducidos a una forma útil, mediante cálculos matemáticos, ajustados y con frecuencia convertidos a modalidades graficas de expresión, como cartas y planos, es usual hablar de esa actividad conexas como el **trabajo de gabinete** de la topografía. Ambas etapas constituyen las actividades topográficas.

Pueden efectuarse varias divisiones o agrupamientos de tales estudios, como base en una gran variedad de elementos distintivos. Probablemente la clasificación más sencilla es aquella que identifica tres clases principales de ellos, descritos como sigue:

- **MEDICIONES DE PREDIOS:** Que son aquellas asociadas al establecimiento de linderos, al calculo de pareas de terrenos, y a la transferencia de propiedad raíz de un propietario a otro. Los levantamientos más antiguos conocidos fueron mediciones de predios.
- **ESTUDIOS DE INGENIERIA:** Que comprenden las operaciones de recabar los datos necesarios para planear y proyectar una obra de ingeniería y de proporcionar el necesario control de posición y dimensiones en el sitio, de manera que el puente, edificio o carretera sean construidos en el lugar adecuado y como se proyectaron.
- **LEVANTAMIENTOS INFORMATIVOS:** Ejemplificados por aquellos estudios gubernamentales que obtiene datos concernientes a la topografía, drenaje e instalaciones construidas por el hombre, en una gran área. Estos datos se presentan por medio de mapas y cartas.

TOPOGRAFIA PLANA.

Es la rama de la topografía que considera a la superficie de la tierra como un plano. Por tanto la curvatura es ignorada y los cálculos se efectúan usando las formulas de la trigonometría plana. Todos los meridianos son paralelos, y se supone que la dirección de la línea de plomada es siempre la misma, o sea perpendicular al plano en todos los puntos, dentro de los límites del levantamiento.

Los principios de la topografía plana se aplican a levantamientos de limitada extensión, o en aquellos casos en que la precisión requerida es tan baja que las correcciones por curvatura resultarían despreciables al compararlas con los errores de las mediciones. Para pequeñas áreas, pueden esperarse que los métodos de la topografía plana, produzcan resultados precisos pero la calidad decrecerá a medida de que se incremente el tamaño del área del proyecto. No es posible especificar en forma absoluta la distancia máxima, desde un origen a la cual puede ser extendido un levantamiento plano, con resultados satisfactorios.

Existe una característica muy importante que es común tanto a la topografía geodesica como a la plana. Ambas ramas de la topografía expresan la posición vertical de los puntos en términos de altura sobre una superficie curva de referencia, usualmente la del nivel medio del mar.

TIPOS DE LEVANTAMIENTOS.

- **LEVANTAMIENTO DE PROPIEDADES:** Los levantamientos de propiedades incluyen trabajos como la determinación de linderos, la localización de esquinas, la ejecución de levantamientos de derecho de vía para carreteras y ductos, y la adquisición de los datos requeridos para la elaboración de planos oficiales de subdivisión de tierras.
- **LEVANTAMIENTOS CATASTRALES:** Los levantamientos catastrales son aquellos ejecutados por el gobierno federal en relación con la disposición de vastas áreas de terreno conocidas como de propiedad pública.
- **ESTUDIOS DE RUTAS:** Se realizan con objeto de proyectar y construir una amplia variedad de obras de ingeniería asociadas con el transporte y la comunicación. Abarcan carreteras, vías férreas, ductos, canales y líneas de transmisión.
- **LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS:** Se efectúan con el fin de obtener los datos del terreno necesarios para la elaboración de planos o cartas topográficas. Involucran una amplia gama de trabajos de campo y gabinete que culminan en la edición e impresión de cartas multicolores, con curvas de nivel, que representan el terreno, lagos y ríos, así como carreteras, vías férreas, puentes y otras obras construidas por el hombre.
- **ESTUDIOS HIDROGRAFICOS:** Comprenden las operaciones requeridas para representar las cartas y planos las líneas costeras de cuerpos de agua, para trazar las áreas de fondo de corrientes, lagos, bahías y aguas costeras, para medir el escurrimiento de los ríos, y para valorar otros factores que afectan a la navegación y a los recursos hidráulicos del país.
- **LEVANTAMIENTO DE MINAS:** Resultan indispensables para determinar la posición de las obras subterráneas y estructuras superficiales de las minas, para fijar las posiciones y direcciones de túneles y pozos, y para definir los linderos superficiales de todas las propiedades.
- **LEVANTAMIENTOS AEREOS:** Hacen uso de fotografías tomadas con cámaras especialmente diseñadas, montadas en aeronaves. Estas fotografías resultan muy valiosas para complementar la información obtenida mediante otros trabajos topográficos, y sirven para una gran variedad de propósitos. Los resultados del levantamiento aéreo son, por lo regular, mosaicos de fotografías verticales traslapadas, vistas oblicuas del paisaje, y cartas o planos topográficos trazados a partir de fotografías. Los levantamientos aéreos, que utilizan los principios de fotogrametría, tienen varias importantes ventajas en relación con los levantamientos terrestres, y se emplea extensamente.

MEDICIONES TOPOGRAFICAS.

Todas las operaciones topográficas están sujetas a las imperfecciones de los instrumentos y a los errores inherentes a su manejo. Por eso, **NINGUNA MEDICION TOPOGRAFICA ES EXACTA.** En consecuencia, la naturaleza y magnitud de los errores del trabajo topográfico deberán ser bien comprendidas si se desea asegurar buenos resultados.

Obviamente, hay varios grados de precisión posible en cualquier medición. Así la distancia entre dos esquinas de una cerca puede ser estimada a ojo, medida a pasos, con estadía, o con cinta. Cada uno de estos métodos puede ser el mejor para un propósito dado ya que, por lo regular, constituye una pérdida de tiempo y dinero obtener una exactitud innecesariamente elevada.

Por otra parte, si las mediciones no son lo bastante precisas, el resultado es un trabajo defectuoso. El mejor topógrafo no es aquel que realiza las mediciones mas precisas, sino el que es capaz de seleccionar y aplicar el grado apropiado de precisión que se requiere para el propósito.

SIMBOLOGIA HIDROGRAFICA, TOPOGRAFICA Y DE VEGETACION.

En los mapas se representan o se indican todos o casi todos los detalles mediante símbolos convenidos; si se representaran tal y como son en realidad, muchos resultarían microscópicos. En un mapa topográfico corriente, una carretera de 8 metros de ancho,

quedaría representadas por una línea de 0.1 milímetro; pero en tales mapas, se ven las carreteras como dos líneas separadas 0.5 milímetros entre sí, lo cual quiere decir que se trata de un símbolo. La mayoría de estos símbolos provienen de mapas antiguos o que son usados desde hace mucho tiempo, y son pequeños, claros y fáciles de dibujar. Según sea la escala del mapa, se pueden variar los símbolos, en los mapas de escala reducida, las carreteras se presentan ordinariamente por una sola línea en vez de hacerlo por una doble, como en los mapas de mayor escala. Al emplear los símbolos se comete con frecuencia el error de utilizar los de mapas de gran escala en los de escala reducida, lo cual hace que el mismo se sobrecargue y sea confuso.

Los símbolos de un mapa pueden clasificarse en los siguientes grupos: **obras y construcciones (en color negro), agua o hidrográficos (en color azul), relieve u orografía (en color café) y vegetación o cultivo (en color verde)**; aparte de estos símbolos, se emplean otros muchos especiales en los mapas científicos y estadísticos.

Los símbolos convencionales de las líneas limítrofes consisten en una serie de rayas y puntos, o cruces tan artificiales como la línea que representa. Según el grosor y el número de líneas será la importancia del símbolo, ya que puede delimitar municipios, estados, naciones, etc., ordinariamente se trazan en negro a menos que coincidan con algún otro elemento natural, ya sean hidrográficos u orográficos, ya que puede suceder que la línea limite pase en realidad por el eje del Río -que es muy frecuente-.

Cuando se ha de elaborar una serie de mapas uno de los principales cuidados es presentar un cuadro de signos para evitar confusiones, al dibujar los signos se deben elaborar tal y como aparecen en dicho cuadro, en muchos planos especiales es muy difícil unificar los signos. En estos casos interviene mucho el ingenio del cartógrafo y del lector del mapa.

- **ESCALAS.**

Una escala es la relación matemática que existe entre la realidad y el dibujo que de ella se hace sobre un plano. Normalmente tiene la apariencia de 1:50.000 ó 1/50.000 que, en este caso, quiere decir que 50.000 unidades lineales de la realidad en el mapa están representadas como una sola. Estas unidades pueden ser de cualquier magnitud de longitud: kilómetros, millas, etc. Es decir, dos centímetros lineales son 100.000 centímetros en la realidad (50.000×2), es decir 1000 metros o 1 kilómetro. Atención, que si lo que se desea medir del dibujo es una superficie, habrá que tener en cuenta la relación de áreas de figuras semejantes, por ejemplo un cuadrado de 1cm de lado en el dibujo estará representado un cuadrado de 50.000 cm. de lado en la realidad, lo que es una superficie de $50.000 * 50.000$ cm cuadrado. Además, en los mapas suele aparecer una escala gráfica, que es un pequeño dibujo lineal, semejante a una regla graduada, con la equivalencia de la distancia.

Para calcular la distancia real debemos medir la distancia en el mapa y multiplicarla por la escala. Para pasar de la distancia real a la representación sobre el mapa debemos dividirla por la escala. Hay que tener en cuenta que siempre obtendremos resultados en las unidades en las que hayamos tomado las medidas.

Como cuanto mayor sea el denominador más pequeño será el mapa final que obtengamos, decimos que una escala es pequeña cuando obtenemos un mapa pequeño, y grande cuando obtenemos mapas grandes para la representación del mismo elemento.

Las diferentes escalas nos permiten estudiar fenómenos diferentes. A una escala de 1:1000 y 1:5000 se pueden estudiar fenómenos de mucho detalle (se puede dibujar una casa, por ejemplo). Esas representaciones se llaman específicamente planos. Ese nombre

se debe a que a una escala tan grande se puede considerar la Tierra plana y no es necesaria una proyección. Con escalas entre 1:5.000 y 1:20.000 podemos representar planos callejeros de ciudades. Entre 1:20.000 y 1:50.000 podemos estudiar comarcas y municipios. Entre el 1:50.000 y el 1:200.000 podemos estudiar regiones y carreteras. Entre 1:200.000 y 1:1.000.000 podemos ver los países y sus divisiones. A escalas inferiores a 1:1.000.000 podemos ver continentes y hasta el mundo entero.

En los mapas pequeños, menores de 1:50.000, la información que aparece sobre ellos no está dibujada a escala, de tal manera que no podemos calcular en ellos la anchura de una carretera, o el radio de una curva, o a extensión de una ciudad con sólo multiplicar el tamaño del dibujo por la escala.

También hay que tener en cuenta que en mapas menores de 1:1.000.000 sólo el centro del mapa mantiene la equivalencia de la escala. Cuanto más al borde nos encontremos más deformaciones encontraremos. El carácter de esas deformaciones depende del tipo de proyección.

- **CUADRO DE DATOS.**

- **POLIGONALES.**

Una poligonal, consiste básicamente en una serie de líneas, cuyas longitudes y direcciones se miden, que conectan puntos cuyas posiciones van a determinarse. Indudablemente, la medición de poligonales o poligonación es la actividad más común en la ejecución de levantamientos locales de control horizontal. El trayecto de una poligonal puede adaptarse a los obstáculos que presente el terreno accidentado, boscoso o pantanoso, así como a edificios grandes y zonas de tránsito pesado que pudieran hallarse en la ruta seleccionada. Los conceptos de la poligonación se emplean en la mayoría de los trabajos topográficos.

El control horizontal se establece con mayor frecuencia mediante poligonales, sobre todo en levantamientos de limitada extensión y cuando los puntos cuyas posiciones se requieren quedan sobre un trayecto accidentado.

Sin embargo, la disponibilidad del equipo electrónico para la medición precisa de distancia ha disminuido considerablemente la superioridad que tenía la triangulación respecto a la poligonación, y ha dado gran ímpetu al desarrollo de la trilateración. Por lo tanto, la elección del método para extender el control horizontal no depende solo de la exactitud requerida. Pueden obtenerse datos satisfactorios mediante varios procedimientos. Las consideraciones económicas siguen siendo importantes en la selección del método.

Las poligonales se clasifican e identifican de varias maneras: por los métodos y equipos empleados, por la calidad de resultados, por el propósito al que sirven y por la configuración de las líneas de liga. Las mediciones angulares de las poligonales se hacen con teodolitos y tránsito.

La poligonación con tránsito, constituye el trabajo topográfico más común y fundamental. Sus principios y prácticas se aplican tanto a los estudios topográficos como a los hidrográficos, urbanos y catastrales, así como a los estudios de ruta para la construcción de carreteras, vías férreas y ductos.

CONFIGURACION DE POLIGONALES.

La forma geométrica o configuración de una poligonal es uno de los criterios más comunes, aunque no siempre el más ilustrativo, de clasificarlas. Sin embargo por lo regular, una poligonal se identifica como cerrada o abierta.

- **POLIGONAL CERRADA:** Es la que comienza y termina en el mismo punto o en puntos cuyas posiciones horizontales se conocen. Estos dos tipos de poligonales cerradas se denominan respectivamente **poligonales de circuito y poligonales ligadas en sus dos extremos**. Una poligonal de circuito, forma un círculo cerrado continuo. Un ejemplo típico de esta clase de poligonal es el perímetro de un terreno. Se ejecuta a fin de obtener los datos requeridos para representar adecuadamente el predio y calcular su área. Una poligonal ligada en ambos extremos comienza y termina en puntos muy separados cuyas posiciones horizontales se han determinado previamente mediante un levantamiento de cuando menos, igual exactitud o, de preferencia, mayor. Las posiciones horizontales de los puntos extremos se conservan fijas en el cálculo y ajuste de la poligonal de liga.

- **POLIGONAL ABIERTA.** Comienza en un punto de posición conocida o supuesta y termina en una estación cuya posición horizontal relativa se desconoce. En tal caso, no es posible calcular el cierre en posición y, por ende, no puede valorarse la verdadera calidad de la poligonación. Con frecuencia se utilizan poligonales de este tipo en el estudio preliminar de una carretera.

SELECCIÓN DE RUTA.

La ruta de una poligonal depende de si se van a localizar puntos ya existentes o a establecer nuevos puntos de acuerdo con algún plan específico. Todas las poligonales deben formar circuitos cerrados, o bien, comenzar y terminar en puntos cuyas posiciones se han fijado por trabajos de control de orden superior. Por lo regular, se seguirán las rutas de caminos y vías férreas, para facilitar el transporte y la realización de mediciones precisas. Las rutas habrán de planearse con cuidado para que los datos obtenidos mediante la poligonal cumplan satisfactoria y económicamente los propositos que motivaron su ejecución. Esto implica, en general, una conveniente distribución de estaciones bien ubicadas, monumentadas y descritas.

En el caso de algunas poligonales, sobre todo de aquellas destinadas a fijar los ejes de carreteras y vías férreas, las direcciones generales de las líneas estarán predeterminadas por factores, tales como la necesidad de evitar terrenos difíciles, cementerios, y áreas residenciales. La presencia de obstrucciones diversas - como árboles grandes y valiosos - influirá también sobre la localización de las poligonales.

Con la incorporación de la fotografía aérea a los trabajos cartográficos y a varios tipos de estudios de ingeniería, la poligonación ha venido desempeñando un papel muy importante al proporcionar el control para tales fotografías. De aquí que, en la actualidad, las poligonales medidas con tránsito se empleen cada vez con mayor frecuencia como control para los trabajos fotogramétricos. Por ello es evidente que el ingeniero necesita contar con un juego de fotografías aéreas que lo ayude a seleccionar e identificar sitios convenientes para las estaciones de la poligonal a lo largo de la ruta general que va a seguirse.

ESTACIONES.

Se denomina **ESTACION DE POLIGONAL**, a cada uno de los puntos en los que se fija un tránsito o teodolito y se mide el cambio de dirección angular. Sin embargo, no todos esos puntos estarán monumentados. De la naturaleza de la poligonal dependerá que sus estaciones queden marcadas permanentemente o solo en forma transitoria.

- **PLANO TOPOGRÁFICO DE UN PREDIO.**

El levantamiento predial, se ocupa de los linderos o límites de los predios. Si se emplea el término **levantamiento de límites**, su uso suele restringirse al levantamiento de líneas limítrofes entre divisiones políticas.

Un límite predial es una línea de demarcación entre predios colindantes. Por lo regular, se marca en el terreno mediante varias clases de monumentos colocados específicamente

para tal fin. Un límite entre parcelas de propietarios privados se denomina **levantamiento de propiedad**. Por tanto, el término **levantamiento de propiedad**, (Deslinde) se considera sinónimo de **levantamiento predial**. Un límite entre terrenos contiguos en una subdivisión de una ciudad, población o localidad se conoce como **línea de lotificación**.

Un término más amplio y algo clásico, que abarca toda clase de levantamientos prediales es **levantamiento catastral**. Se deriva del antiguo "catastro" romano, que es un registro oficial de las dimensiones, valor y propiedad de los bienes raíces. Básicamente, los levantamientos catastrales crean, marcan, definen y restablecen límites prediales.

El levantamiento de predios comprende la localización de límites prediales y el dibujo de planos que contengan la subdivisión de áreas en parcelas más pequeñas. Incluyen la elaboración e interpretación de descripciones prediales para su incorporación en contratos de arrendamientos, escrituras y otros instrumentos legales. Ciertos levantamientos como los requeridos para la plantación, proyecto y construcción de carreteras, vías férreas, puentes y otras obras de ingeniería, no se consideran levantamientos prediales. Sin embargo como los límites de edificios y los derechos de vía deben ser cuidadosamente trazados antes de que comiencen los trabajos de construcción, el levantamiento predial se conceptúa como una labor de apoyo importante.

LINDEROS.

La función de todo lindero es definir áreas de jurisdicción. Sirven como líneas divisorias, ya sean límites internacionales y estatales, o sencillas líneas de lotificación en un área urbana. Obviamente, solo los linderos bien marcados y descritos pueden satisfacer la finalidad para la que fueron establecidos.

Se requieren los límites de propiedad para definir la extensión en área de derechos patrimoniales y sus obligaciones; son esenciales para la conservación de la buena voluntad y de las relaciones cordiales en la vida de la comunidad. El trazo confiable de tales límites es una función primordial del levantamiento predial. Linderos indefinidos pueden ser fuente de disputa y controversia, especialmente para los residentes de sus propios predios.

CLASES DE LEVANTAMIENTOS PEDIALES.

Los levantamientos prediales, se ocupan de la medición, establecimiento y descripción de los límites de la propiedad raíz.

Se realizan para diversos fines específicos, como localizar sobre el terreno linderos ya descritos, obtener datos para la descripción en una escritura, calcular áreas y recabar información requerida para testamentos, hipotecas, arrendamientos, cálculos de impuestos y expropiaciones. En general, los levantamientos prediales se clasifican en levantamientos **originales** y **replanteos** o **relocalizaciones** a saber:

- **LEVANTAMIENTOS ORIGINALES:** Los levantamientos originales, se ejecutan para definir el tamaño, la forma y la localización relativa de un predio cuyos linderos generales evidenciados por la ocupación y el uso, y definidos por rasgos como ríos, cercas, muros y árboles, han sido generalmente aceptados por los propietarios adyacentes o colindantes. Es necesario marcar o monumental los vértices de la propiedad y determinar las distancias y rumbos de los linderos, antes de elaborar la descripción. también se ejecutan levantamientos originales con el fin de crear nuevas parcelas (más pequeñas) a partir de un predio mayor. Estos trabajos que suelen denominarse **levantamientos de parcelación**, se realizan para subdividir un área de terreno conforme a un plan.
- **REPLANTEOS O RELOCALIZACIONES:** Las relocalizaciones se efectúan con el fin de ubicar linderos de predios ya descritos en documentos existentes. Tales relocalizaciones resultan

esenciales antes de la transferencia de propiedad de una persona a otra. Son mas necesarios en el caso de levantamientos urbanos para determinar si las calles quedan íntegramente entre linderos y si las edificaciones o estructuras de los lotes colindantes no invaden la propiedad.

La ejecución de relocalizaciones de buena calidad puede ser difícil y laboriosa. Con frecuencia no abr una solución única. Dos topógrafos titulados e igualmente competentes pueden tener diferencias autenticas al evaluar las mismas evidencias respecto a la localización del lindero, y ello conducirá a conclusiones distintas. El dictamen final es emitido por los tribunales.

• **DIBUJO DE PLANOS TOPOGRÁFICOS**

A veces los levantamientos prediales se clasifican en rurales (rústicos), y urbanos. Las consideraciones legales que afectan a ambos tipos de levantamientos son esencialmente las mismas, aunque hay diferencias en los aspectos técnicos debidas al tamaño del predio, su localización y topografía, el equipo empleado en el levantamiento, métodos de trabajo, material utilizado para fijar los vértices, la exactitud de los resultados y otros factores.

Por lo regular en cualquier levantamiento predial se utilizarán los conceptos y mediciones de un trabajo de poligonación, por que se requieren las distancias y direcciones de las líneas perimetrales del predio. Cuando los linderos están obstruidos, se ejecuta una poligonal de apoyo cercana y se realizan suficientes mediciones de liga a los vértices, de modo que pueden calcularse las distancias y rumbos de los linderos.

Obviamente abra diferencias drásticas entre los procedimientos de campo para el levantamiento de un predio grande, situado en un área remota con un valor económico incierto, y el de un pequeño lote en el centro de una gran ciudad donde va a construirse un edificio, en el ultimo caso, la búsqueda de placas y monumentos que definan los linderos será mas completa; las mediciones, aunque no muchas, serán sumamente precisas, y el establecimiento de los linderos y de las líneas de edificación será muy exacto.

Los términos **levantamiento municipal y levantamiento de la ciudad**, no suelen tener el mismo significado que el término levantamiento predial urbano. Los primeros que se refieren a amplios programas cartográficos que culminan en la producción de planos topográficos de escalas grandes, que resultan sumamente importantes para la planificación urbana. Estos términos también se emplean para indicar levantamientos de construcción o trazo, como aquellos para nuevas calles o instalaciones públicas. Un aspecto catastral de los levantamientos municipales es la localización de todas las líneas de las calles, en vista del hecho de que tales líneas representan límites de propiedad pública.

ALCANCE GENERAL DE LOS LEVANTAMIENTOS CATASTRALES.

Estos levantamientos pueden diferir en cuanto a marco de referencia, propósito y complejidad, y seria posible describir aquí todas sus frases, aun cuando fuera solo de los tipos más representativos. Sin embargo pueden exponerse ciertos principios generales en cuanto a procedimiento, aplicables a la mayoría de esos levantamientos. La experiencia y el criterio del topógrafo le indicaran la forma de aplicar tales principios.

Un levantamiento predial esta integrado por tres etapas básicas a saber:

- **ESTUDIO PRELIMINAR:** Esta fase abarca la recolección, estudio e interpretación de todos los datos disponibles, incluyendo registros de campo antiguos, plano de subdivisión, descripciones de predios colindantes, documentos legales y otra información. En la práctica topográfica privada, esta etapa debe ir precedida por una plática con el cliente para determinar la naturaleza y extensión del servicio profesional requerido y para hacer una estimación de su costo.

- **LEVANTAMIENTO DE CAMPO:** Comprende la búsqueda de monumentos, el trazo de límites de posesión, la localización de posibles usurpaciones y la ejecución de una poligonal cerrada con todos los vértices monumentados en forma durable.
- **ELABORACION DEL PLANO Y LA DESCRIPCION DE LA ESCRITURA:** El plano, que es una forma particular de un mapa, contiene los linderos del predio y otra información esencial para la descripción e identificación de la propiedad.
- **CURVAS DE NIVEL.**

La principal característica de un plano topográfico es que representa por algún medio, la forma y elevación del terreno. El medio más común de representar el relieve del terreno son las curvas de nivel. Además de mostrar el relieve, los planos topográficos contienen los rasgos del drenaje y de la actividad humana. Se utilizan símbolos y colores para propiciar la claridad de la expresión cartográfica. Para dibujar los planos o cartas, se requiere obtener la información que contendrán mediante un levantamiento cuyo grado de detalle y exactitud sean apropiados para la escala a la que vayan a publicarse. Estos trabajos se denominan **levantamientos topográficos**. Como ya se mencionó, las curvas de nivel son las características más comunes en un plano topográfico, es que representa la configuración de la superficie terrestre. Se han empleado varios medios para expresar la topografía, pero el más importante son las curvas de nivel.

Una curva de nivel, es una línea que une puntos con la misma elevación. Puede considerarse como la traza de la intersección de una superficie de nivel con el terreno. El intervalo entre curvas de nivel o equidistancia es la distancia vertical, o desnivel entre dos curvas adyacentes. Es probable que las curvas de nivel hayan sido introducidas por vez primera, en relación con sondeos marinos, por el topógrafo Holandés Cruquius, en 1729. Su aplicación a la representación del terreno fue sugerida inicialmente por Laplace en 1816, y en la actualidad se consideran superiores a todos los demás símbolos topográficos para fines de ingeniería.

El datum básico para expresar la localización vertical de detalles terrestres mediante curvas de nivel, lo proporcionan las mareas. Para los planos topográficos, el datum más satisfactorio es el nivel medio del mar. De ahí que - salvo raras excepciones - las curvas de nivel indiquen la altura sobre este datum.

CARACTERISTICAS.

Para describir bien la topografía de un sitio e interpretar correctamente el plano resultante, es esencial conocer las características de las curvas de nivel. Las principales características son las que siguen:

- Las curvas de nivel muy juntas representan una pendiente fuerte. Las muy separadas indican terreno plano.
- Si el terreno es accidentado y disparejo, las curvas de nivel tendrán forma irregular. Si la superficie del terreno es pareja como en pendientes de terracerías, las curvas estarán uniformemente esparcidas y paralelas.
- las curvas de nivel que indican cimas o depresiones son líneas cerradas. En general, el examen de las curvas adyacentes o la presencia de un charco o lago, revelaran si se trata de una cima o de una depresión, para evitar confusiones, deberá usarse una **curva de depresión**, que es una curva cerrada con líneas cortas dentro. Puede concluirse que todas las curvas de nivel son líneas cerradas, ya sea dentro o fuera de los límites de un plano.
- Las curvas de nivel no se cruzan ni se juntan.

- Son perpendiculares a la dirección de la pendiente máxima.
- Cruzan los parte aguas en ángulos rectos. El lado cóncavo de la curva se halla hacia el terreno más alto.
- En valles y barrancos, las curvas suben hacia el valle por un lado, cruzan el cauce en ángulo recto y bajan por el otro lado. La porción que se curva a medida que se cruza el valle, es convexa hacia el terreno más alto.

El sistema de colores, se emplea en las cartas de navegación aérea y el mapamundi a escala pequeña. Si elige una escala en tonos de un color o un sistema de colores diferentes para mostrar zonas de distinta elevación. Cada zona está limitada por curvas de nivel que usualmente aparecen en el mapa. Si se utilizan los colores junto con las curvas de nivel, se obtiene un efecto pictórico que acentúa las áreas de diferente elevación.

SISTEMAS DE PUNTOS PARA LA CONFIGURACION.

Al elaborar un plano topográfico, se pueden trazar las curvas de nivel si se conocen la posición horizontal y la elevación de algunos puntos del terreno convenientemente escogidos. La manera de obtener los datos necesarios es la base para definir cuatro sistemas de puntos para el trazo de curvas, son los siguientes:

SISTEMA A: Este sistema consiste en una cuadrícula estacada en el terreno. Se determinan las elevaciones de las esquinas para formar un sistema de puntos de coordenadas a partir de los cuales pueden dibujarse las curvas de nivel.

SISTEMA B: Si se localizan en el terreno una serie de puntos con la misma elevación y se dibujan en un plano, la línea que los une será una curva de nivel. Por lo tanto, si se dibuja una serie de puntos que tienen la elevación 914 metros, la curva de nivel 914 se determina uniendo los puntos con una línea continua.

SISTEMA C: Aunque este sistema proporciona curvas de nivel muy precisas, requiere de la localización de muchos puntos. Si no se necesita tanta precisión puede emplearse un método más rápido consistente en localizar algunos puntos de control y después interpolar las curvas para representar la superficie del terreno. Tales puntos corresponden a cimas, depresiones, cambios de pendientes, y especialmente puntos a lo largo de cauces y parte aguas.

SISTEMA D: En este sistema, primero se traza una poligonal con tránsito, clavando trompos cada 20 mts., sobre los que se efectúan nivelaciones de perfil. En estos puntos se levantan secciones transversales para localizar los puntos para la configuración, los fondos de los escurrideros, etc. A partir de este sistema de puntos ya es posible dibujar las curvas de nivel.

• SECCIONES TRANSVERSALES Y PERFILES.

LEVANTAMIENTO DE PERFILES

Se colocan cada 20 m. Se coloca el instrumento en un lugar con mente, no necesariamente en línea (como L se coloca la esta en el banco de nivel en el Km. 28-1, con elevación de 172.002; toma una lectura aditiva de 0.475, y se obtiene la altura de instrumento (172.477) como en la nivelación diferencial. Luego se toman lecturas de estado siguiendo el terreno en las estaciones sucesivas a lo largo de la línea. Estas lecturas son deductivas, y con frecuencia se les llaman intermedias para distinguirlas de las lecturas inductivas tomadas en los puntos de liga o en los bancos. Las lecturas deductivas intermedias (0.21, 0.88, ..., 3.63) restadas de A.I. (172.477) dan las elevaciones del terreno en las estaciones. Cuando el estado llega a un punto donde ya no pueden tornarse 1

lecturas en los puntos del terreno, se elige un (PL y se hace lectura deductiva (3.545) para determinar su elevación. El nivel coloca adelante (1 y se hace una lectura aditiva (0.125) en (PL que se acaba de poner.

Se continúan tomando las lecturas de los puntos del terreno momentos como antes. El estadal se observa dónde ocurren cambios en la pendiente (como 690 712), y se toman lecturas en estaciones intermedias. La distancia a la subestación de una estación precedente al punto intermedio se mide a pasos o con la cinta o estadal, de acuerdo con la precisión deseada. Los puntos de línea y los bancos de nivel se leen al milímetro y las lecturas intermedias solo al centímetro.

Registro para la nivelación de un perfil: Los valores que se dan en el registro son los mismos que se dieron en. Los datos de los puntos de ligas los mismos que los de las nivelaciones diferenciales. La elevación de los puntos del terreno se obtiene restando las lecturas deductivas intermedias correspondientes de la altura del instrumento ante que se registran aproximando a los centímetros.

SECCIONES TRANSVERSALES

Nivelación para la cubicación de tercerceras. Se presenta cuatro casos generales cuando se trata de tomar medidas en el campo para determinar los volúmenes de las tercerceras.

Excavación hasta una superficie de proyecto. Cuando terreno se va a cortar o a rellenar hasta una superficie predeterminedar nada, por ejemplo, al excavar el sótano para un edificio o para nivelar un terreno. Se pueden tomar secciones transversales a distancia cortas. Cuando se fija la rasante de la superficie terminada, se conoce el corte o terraplén en cada estación, y se puede calcular el volumen de la tercerera.

Excavación de cepas. Las cepas se excavan, por ejemplo, cuando se trata de construir un albañal o de instalar una tubería subterránea. Se hace una nivelación a lo largo de la línea propuesta. Cuando se ha fijado la rasante del fondo de la cepa, se puede calcular el corte en cada estación. Cuando en las anchuras necesarias en el terreno y el fondo y su profundidad conocidas en cada estación, se puede calcular el volumen de la excavación.

Secciones transversales para préstamos. Se trata de excavar una masa irregular de volumen desconocido en un lugar determinado, como, por ejemplo, para extraer material para un terraplén de no pueden obtener datos suficientes para calcular el volumen tomando secciones transversales del lugar antes y después de que se ha extraído el material. Generalmente se estaca una línea con base cerca de momentos de sus costados, y se trazan líneas transversales a intervalos regulares. Se nivelan estas líneas transversales. Cuando se ha extraído el material, se vuelven a nivelar las líneas transversales. La diferencia entre la sección original y la final muestra el área cortada en cada línea transversal, con la que se determina el volumen.

Secciones transversales para caminos o canales. Se debe: excavar o terraplenar hasta una rasante dada a lo largo de una ruta como una carretera, ferrocarril, o canal, y, además, su sección transversal debe tener una forma prescrita (véanse los Art. del 6-6. 6-9).

Levantamiento de secciones transversales. Con frecuencias obtiene la forma de la superficie de un lote estacando su superficie en forma de cuadrícula con lados de 20, 10 o 5 m, determinan luego las elevaciones de los vértices y donde existan cambios de pendiente. Las direcciones de las líneas se pueden obtener con la cinta o con el tránsito, las distancias se pueden obtener con la cinta o con estadía, y las elevaciones pueden determinarse con el nivel de alteo o con el nivel de mano, dependiendo todo de la precisión requerida. Las elevaciones se determinan como en el caso del perfil. La Fig. 6-3

ilustra una forma buena de registro. Los datos se pueden ver pelar en la construcción de. Un piano con líneas de nivel.

Secciones transversales para estudios preliminares. A menudo se hacen trazos preeliminares para ferrocarriles, carreteras, y canales; estos trazos consisten en caminamientos o poligonales a lo largo de la ruta propuesta, las estaciones se marcan con estacas cada 20 m. Las elevaciones de las estaciones se determinan luego haciendo la nivelación para obtener el perfil, como ya se describió. Para obtener datos para los estudios y para estimar los volúmenes de las terracerías, es costumbre determinar la forma del terreno a ambos lados de la poligonal, haciendo nivelaciones en líneas transversales en ángulo recto a la poligonal, generalmente en cada estación. Comúnmente, las elevaciones se determinan con el nivel de mano en terreno quebrado y con el nivel de anteojo montado en terreno plano.

Para cada línea transversal se determina la altura de Instrumento haciendo una lectura aditiva en el terreno en la estaca que marca el centro. Se va colocando luego el estadal en la línea transversal en los cambios de pendiente, y las distancias a las que se va colocando el estadal de la línea central se miden con una cinta. La dirección de las secciones transversales se determina a ojo cuando éstas son cortas; cuando son largas por medio de una brújula, tránsito, o una escuadra óptica, u otro instrumento adecuado.

Las notas pueden elevarse en la forma mostrada en la Fig. 6-4. La línea central de la página derecha representa la poligonal, y a la izquierda y a la derecha de esta línea se registran las distancias reservadas y las lecturas de estadal y las elevaciones calculadas.

Cuando la ruta se ha localizado definitivamente, las secciones transversales se toman como se describe en los siguientes artículos. Las secciones transversales del trazo definitivo de los caminos. Las Fig. 6-7 y 6-8 ilustran secciones transversales típicas en terreno plano y en corte. La sub-rasante sin afinar es generalmente una superficie plana a nivel transversalmente, pero en las curvas queda con sobre elevación. En un camino dado la sub-rasante es de anchura uniforme en corte y también uniforme, pero de menor anchura en los terraplenes. La sección terminada tiene pendientes, para los acotamientos, drenaje, y hombros redondeados.

Los taludes laterales son superficies planas de pendiente constante para un material dado de la excavación. Los taludes laterales se bajan (como 2: 1) en función de las unidades medidas horizontalmente (como 2 m) a una unidad medida verticalmente (como 1 m).

Tenemos terminado el trazo preliminar y su perfil. Conociendo los datos de las secciones transversales de la preliminar conocida, se determina la sub-rasante en el borde del perfil. El corte o mapién en el centro que se va a hacer en cada estación es mentón igual a la diferencia entre la elevación observada de la línea de terreno y la elevación determinada de la rasante y se le llama "espesor".

Antes de empezar la construcción, se toman secciones transversales definitivas, y se clavan a los lados de cada estaca central, estacas que marcan la intersección de los taludes laterales con el terreno natural a las que se les llama ceros.

Generalmente las secciones transversales para las secciones definitivas se levantan con el nivel de anteojo, y las distancias a izquierda o a la derecha se miden con la cinta de lona, todas aplomadas a los decímetros. En cada estación se hace una lectura deductiva, que se compara con la obtenida en el perfil, y el terraplén calculado se marca en el dorso de la estaca central. Establece una línea transversal y las estacas de los ceros se fijan en la forma descrita.

Si el terreno está a nivel en una dirección transversal a la] MN central se llama una sección a nivel. Cuando se toman lecturas estadal en cada cero además de la lectura tomada en el centro, hace normalmente cuando el terreno está en declive, la sección llama de tres niveles. Cuando se toman lecturas de estadal en estaca central, los ceros, y puntos a cada lado del cerito a una distancia a la mitad de una Sección transversal se llama cinco niveles. Una sección para la cual se ha observaciones en puntos intermedios entre la estaca del centre los ceros, a intervalos irregulares, se Dic llama sección irregulara Cuan do la sección pasa de corte a terraplén, se le llama sección en bacón.

Registros para las secciones transversales definitivas. La Fig. 6.6 ilustra una forma conveniente de registro para las secciones transversales definitivas. La página de la izquierda es esencialmente la misma que para la nivelación de perfiles, excepto que se añade una Columna para las elevaciones de la rasante. Algunos ingenieros prefieren hacer los registros de manera que los encadenamientos avanzan de abajo a arriba. Los registros mostrados son para una por ciento de la Línea cuyo registro se da en la Fig. 6-2. Los valores de la columnas marcadas "Izquierda" o "Derecha" son de los puntos los que se clavaron las estacas para los ceros; para cada uno de los puntos, el numero de arriba es el corte o terraplén, y el números inferior es la d del centro. La sección transversal tiene una forma que se adapta a la de tres niveles. Se toman secciones transversales en las que las líneas de la orilla izquierda, la central y de la orilla derecha pasan de corte a terraplén. Las secciones transversales en 608 + 90 y 609 son sección' de ladera. Cortes y terraplenes. La Fig. 6-7 muestra en A un nivel anteojo en posición arriba de la rasante, para tomar una lectura de estadal en cada sección de terraplén. Determinando la altura instrumento; se conoce la elevación de la rasante en esa estación. Nivelador calcula la diferencia entre la A.!. Y la elevación de la rasante, una diferencia conocida como lectura de rasante; es decir A.!. — elevación de la rasante = lectura de rasante. Colocando el estadía en cualquier punto en el que será necesario hacer terraplén, y toman lecturas llamadas lecturas del terreno. La diferencia entre lectura de rasante y la lectura del terreno es igual al espesor d terraplén. De manera semejante, para una sección en corte es diferencia es igual al espesor del corte. Si la A.I., queda debajo de la rasante, como en B, Fig. 6-7, claro que el espesor del terraplén es la suma de la lectura de rasan te y la lectura del terreno.

Colocación de las estacas de los ceros. Si w es el ancho de corona del camino, d la distancia medida del centro a la estaca cero, si el talud lateral (relación de la distancia horizontal a vertical) y h el espesor de corte o de terraplén, con relación a la rasante, entonces, por la Fig. 6-8, cuando la estaca del cero está en su J) Posición correcta (en C),

El siguiente ejemplo numérico para corte ilustra las etapas que comprende la colocación correcta de las estacas de los ceros en el campo; en terraplén se sigue el mismo procedimiento.

Supongamos que $w = 6.0$ m el talud lateral $1\frac{1}{2}$ a 1; la lectura de rasan te = 6.43 m. Como primer tanteo se coloca el estadal en A (Fig. 6-8), lectura del terreno 2.01 m; = lectura de la rasante — lectura del terreno = 4.63 — 2.01 = 2.62 m. La distancia calculada para este valor de h es $w/2 + h \cdot 0 + 2.62 \times \% = 6.93$ m. Midiendo de la estaca de la línea central Se ye que d es 5.55; por lo que el es tiene que retirarse más. Se hace una segunda prueba que en B, y haciendo los mismos cálculos Se ye que el estadal esta muy lejos.

Eventualmente, el estadal se colocará en C; la lectura del terreno = 2.38:

$h = 4.63 - 2.38 = 2.25$. La distancia calculada para este valor de h es $w/2 + h \cdot = 3.0 + 2.25) < 3/, = 6.38$. El valor medido de d es también de 6.38; por lo tanto, ésta es la situación correcta de la estaca del cero. En el registro las coordenadas de la estaca del cero Se escriben así $c2.25/6.38$, en la forma de fracción, pero las lecturas de prueba no se notan.

Las estacas de los ceros se colocan a los lados de la línea, inclinadas hacia afuera en terraplén y hacia adentro en corte. En el reverso de la estaca se marca el NT. De la estación. En el frente (el lado más cercano a la línea central) se marca el espesor de corte o de terraplén en la estaca, y algunas veces la distancia de la estaca al centro. Los números se escriben de arriba para abajo, en la estaca.

En corte, algunos organismos colocan las estacas de los ceros una distancia fija, digamos 60 cm. de los ceros. El corte marcado en la estaca corresponde a la elevación del terreno de así colocadas.

Si los cortes y terraplenes tienen un espesor pequeño, se omiten algunas veces los ceros y las estacas que se usan para señalar el alineamiento se emplean como elevaciones de referencia para la rasante